

6.2.2 高度衛星放送実験端局 変復調装置

大川 貢*¹ 井口 政昭*¹ 都竹 愛一郎*¹
李 還帮*²

(1996年11月14日受理)

6.2.2 MODULATION AND DEMODULATION EQUIPMENT FOR THE COMETS ADVANCED SATELLITE BROADCASTING EXPERIMENTS

By

Mitsugu OHKAWA, Masaaki IGUCHI, Aiichiro TSUZUKU, and

Considering flexibility (compatibility with various media) in future satellite broadcasting systems, digital transmission holds promise. At frequencies in the 21 GHz frequency band, there is large radio wave attenuation due to rain, resulting in a deterioration of the received carrier-to-noise ratio. Accordingly, a digital satellite broadcasting system that uses the 21 GHz frequency band must employ a transmission scheme that is robust against noise and has good frequency efficiency. Here, we describe the 60/140 Mbps TC8 PSK (trellis coded 8 PSK) coding modulation-demodulation equipment, which is the basic modulation-demodulation equipment for the main station and the vehicle-mounted experimental station, and the 155 Mbps TC8 PSK coding modulation-demodulation equipment, which is installed at the fixed experimental station in Koganei.

[キーワード] デジタル変調, TC8PSK 符号化変調, 高度衛星放送.

Digital modulation, Trellis coded 8PSK modulation, Advanced satellite Broadcasting.

1. はじめに

将来の衛星放送システムの柔軟性(多様なメディアとの整合性)を考えた場合, デジタル伝送方式に期待が持たれる。デジタル伝送では, 伝送路で雑音に加わっても, それがある一定レベル以下であれば, 各中継点で信号を完全に復元できる。即ち, 中継数によらず良好な品質を確保できる。したがって, 将来の衛星放送システ

ムで想定される他の無線及び有線伝送システムとの融合性が高い。しかし, 21GHz帯の周波数では降雨による電波の減衰が大きく, 受信 C/No が劣化する。さらに, 比較的広帯域を使用できる21GHz帯衛星放送であるが, 世界無線通信主官庁会議(WORK-92)で割り当てられた周波数帯は, 21.4-22GHzの600MHzと限られている。したがって, 21GHz帯デジタル衛星放送システムでは耐雑音性に優れ, 周波数効率の良い伝送方式を採用する必要がある。ここでは, 高度衛星放送実験に用いられる主局及び車載実験局に整備されている基本変復調装置であるTC8PSK(Trellis Coded 8PSK)符号化

*¹ 総合通信部 放送技術研究室

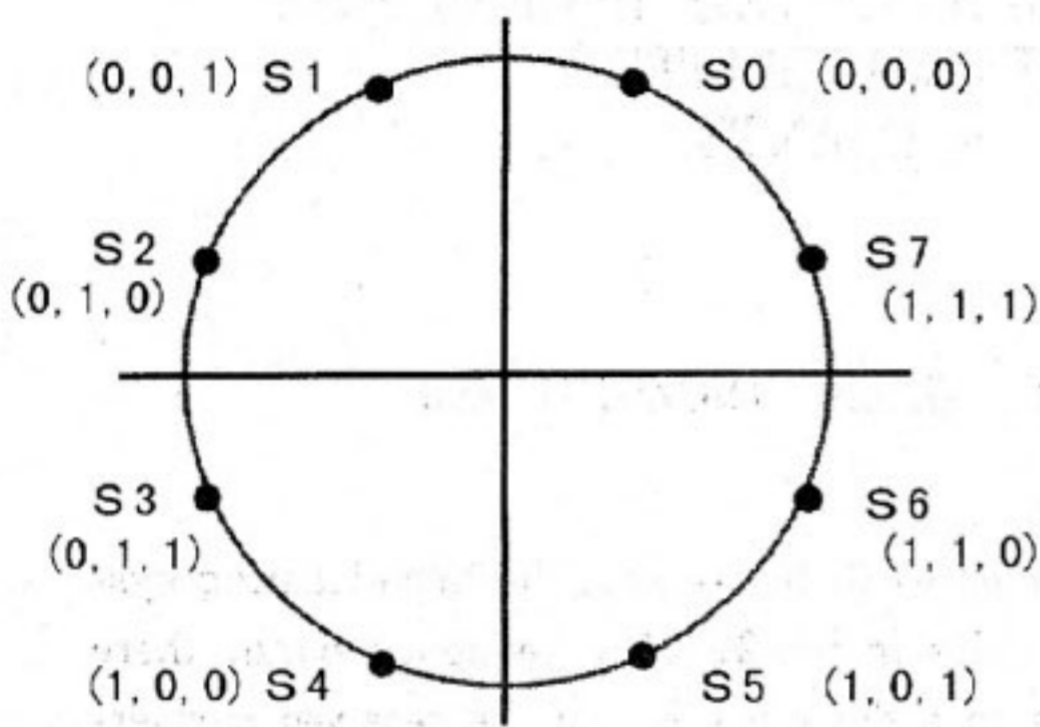
*² 鹿島宇宙通信センター 宇宙通信技術研究室

変調装置 (60/140Mbps) と小金井の固定実験局に整備されている TC8PSK 符号化変復調装置 (155Mbps) について述べる。

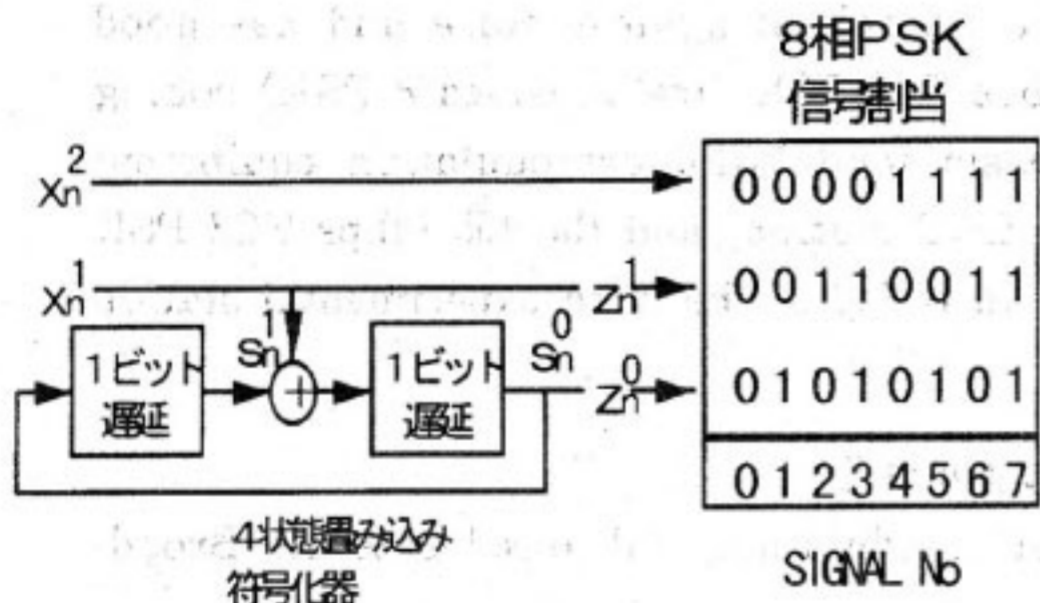
2. TC8PSK 符号化変復調装置 (60/140Mbps)

2.1 TC8PSK 符号化変調方式

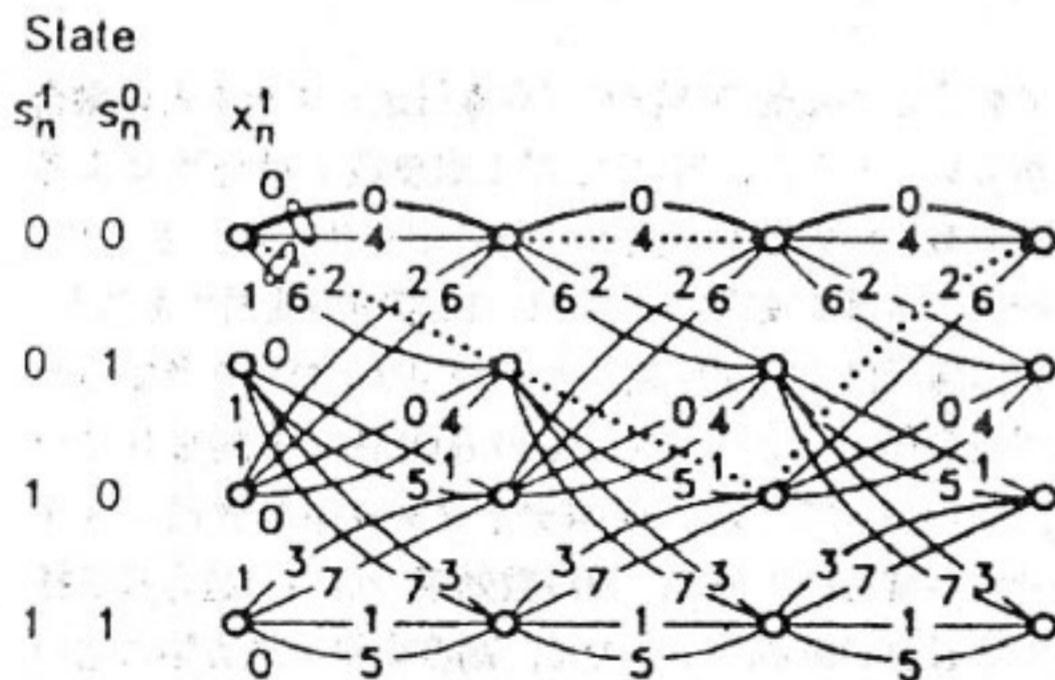
TC8PSK 符号化変調方式は、周波数効率を QPSK と同等に保ちながら、信号のユークリッド距離を大きくして符号化利得を得る方式である。TC8PSK 符号化変調方式の状態数は、拘束長に対応するもので大きい値である程、誤り訂正能力も高い。符号化率 $2/3$ 、状態数 4



(a) 信号配置図



(b) 符号化器概念図



(c) 4状態トレリス線図

第1図 TC8PSK 変復調方式

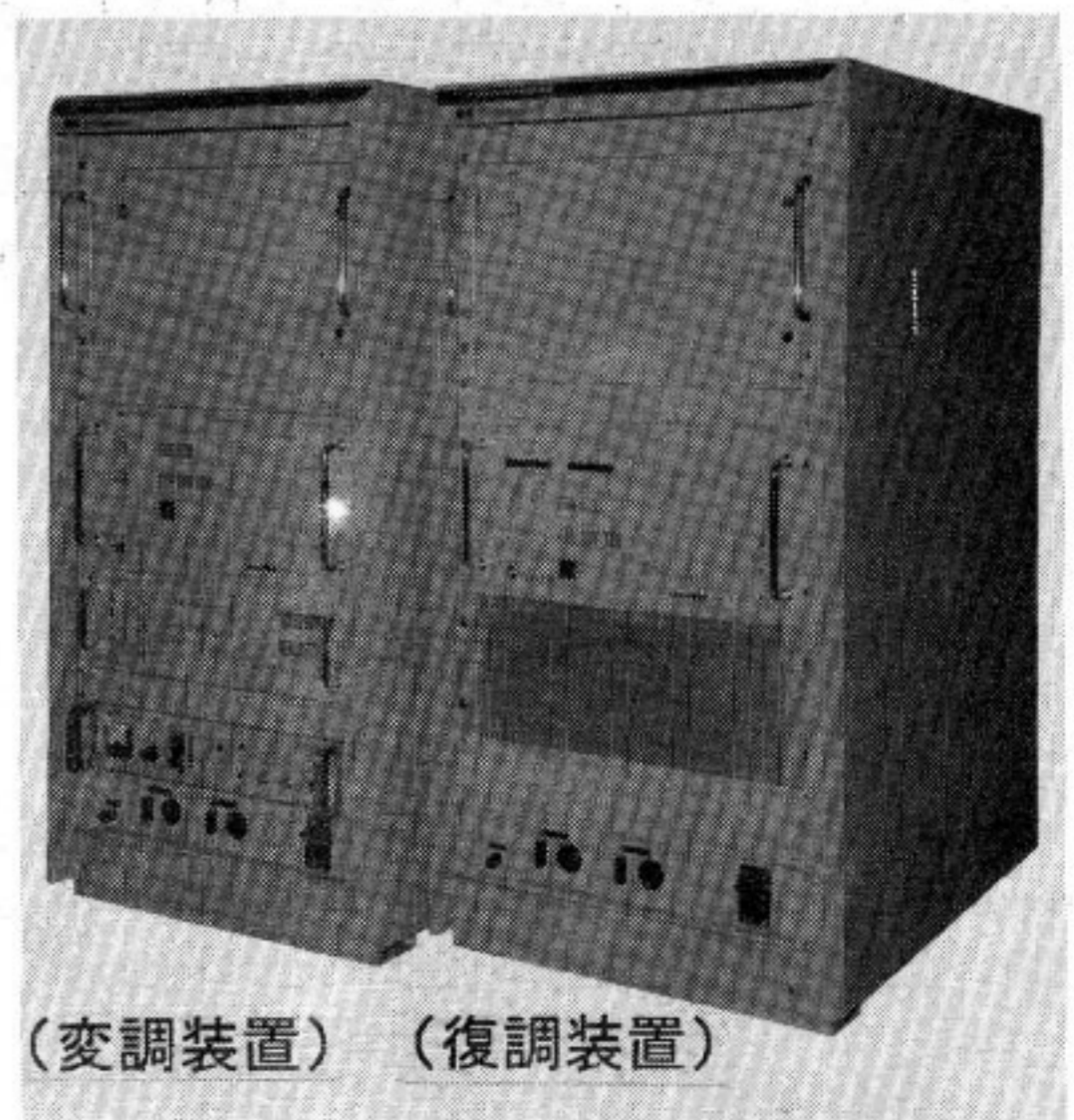
の場合、 E_b/N_0 が十分大きいとき原理的に通常の QPSK に対して 3 dB の符号化利得が得られる。ここで、対応する誤り率が 10^{-5} 以下 (計算機シミュレーション理想特性における E_b/N_0 : 6.7dB 以上) の時、ほぼ符号化利得 3 dB に漸近する。

第1図(a)に信号配置図、(b)に符号化器の概念図、(c)に4状態トレリスの状態遷移図を示す⁽¹⁾⁻⁽²⁾。第1図で示した符号化変調方式は、Ungerboeckの方式として知られる符号化変調の基本方式である。TC8PSK 変復調装置 (60/140Mbps) は、この方式に基づいて製作した装置である。

2.2 TC8PSK 変復調装置 (60/140Mbps) の機能

第2図に開発した TC8 変復調装置の外観図を示す。第1表に本装置の諸元を示し、第3図(a)(b)に送信装置及び受信装置の系統図を示す。情報伝送速度は、60Mbps と 140Mbps の2種類であり、送受信ロールオフフィルタのロールオフ率は数種類切り換え可能となっている。140Mbps 対応のロールオフフィルタはアナログフィルタであるが、60Mbps 対応のロールオフフィルタはデジタルフィルタによって構成されている。TC8の状態数は4であり、ビタビ復号における軟判定量子化数は16である。

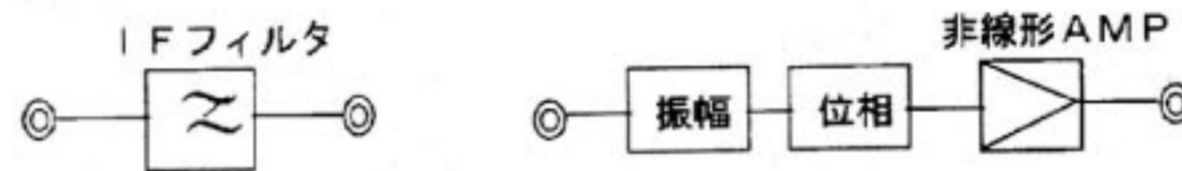
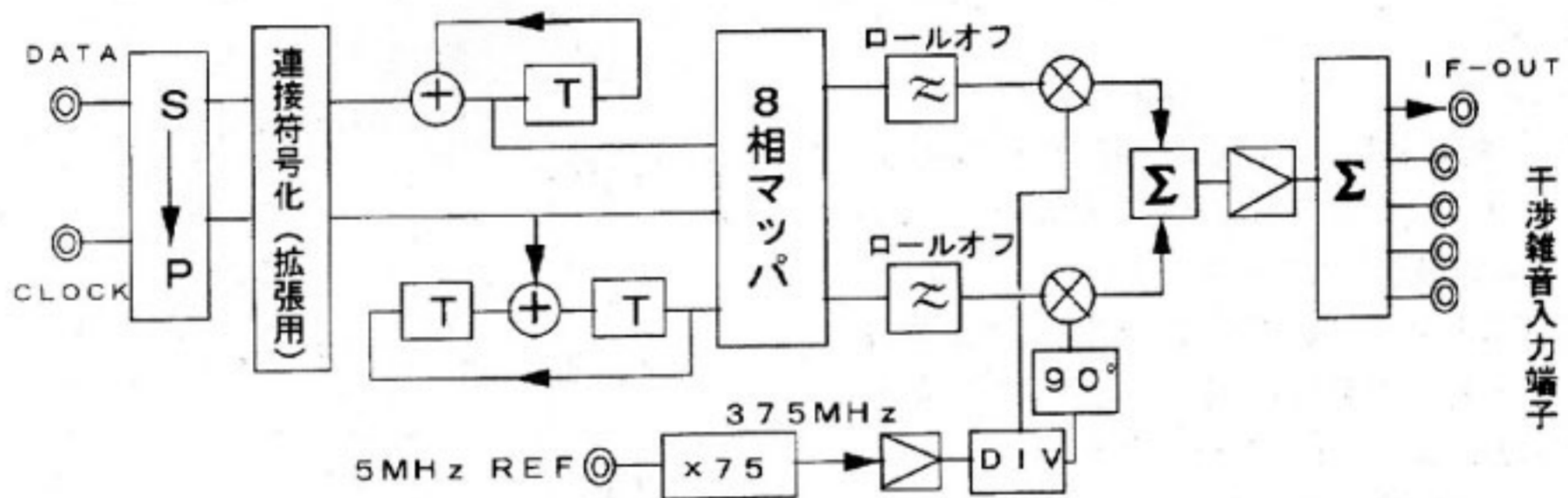
接続誤り訂正符号としてRS (Reed Solomon) (204, 188) 符号とデータインターリーブの接続の ON/OFF 機能を有している。本装置のインターリーブは周期 12 の畳み込みインターリーブである。畳み込み符号化に基づく符号化変調とブロック符号の RS 符号をインターリーブを介して接続することで、高い符号化利得を実現できるこ



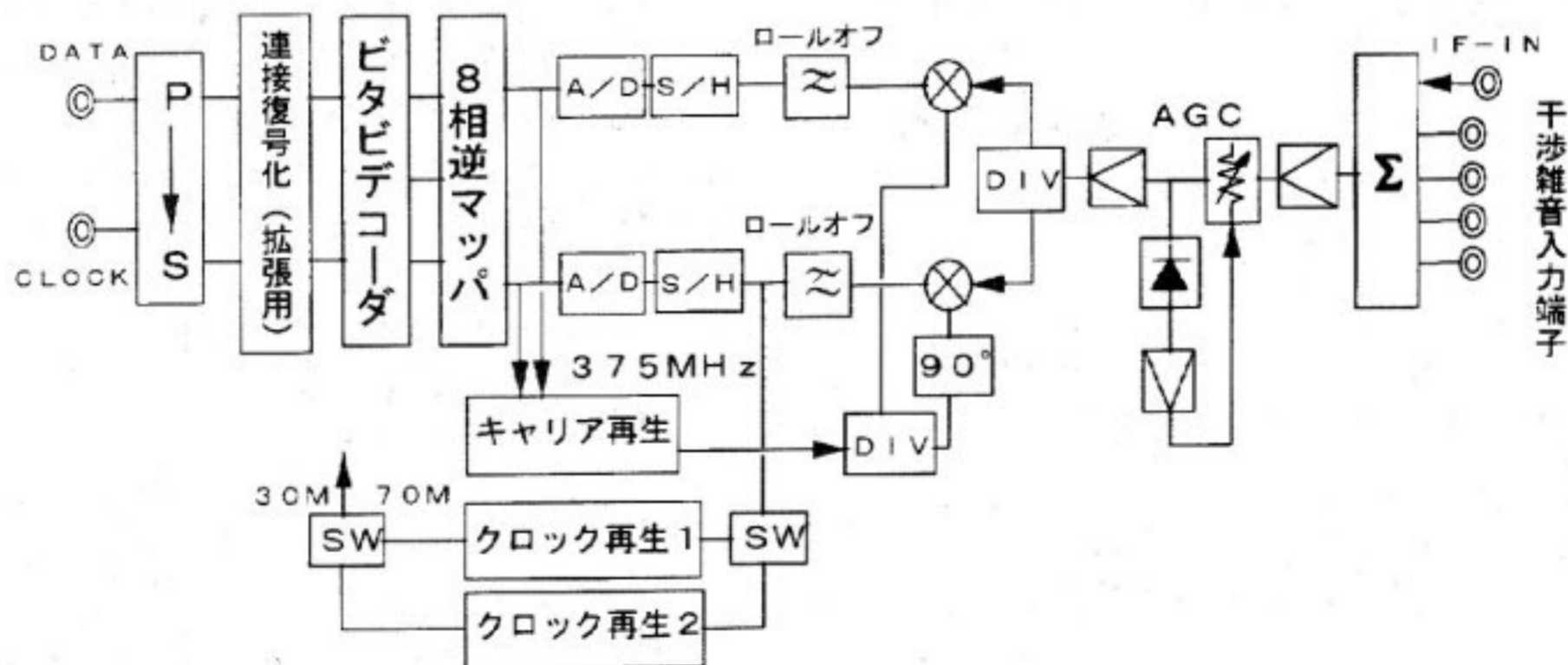
第2図 TC8PSK 変復調装置 (60/140Mbps) 外観図

第1表 開発装置の諸元

情報速度 (Mbps)	60/140	IFフィルタ帯域幅 (MHz)
変調方式	TC8PSK	60, 54, 48, 42, 140, 126, 112, 98
トレリス状態数	4	伝送路模擬装置 (非線形補償機能有り)
検波方式	同期検波	AM/PM変換 5 deg/dB以上 (AMP飽和時)
復号方式	ビタビ (1677)	帯域内利得平坦度 3 dBp-p以上 (等化後) 1 dBp-p以下
IF周波数 (MHz)	375	帯域内群遅延時間 5 nsecp-p以上 (等化後) 2 nsecp-p以下
送受信ロールオフフィルタ (送信100%、受信100%、送受信ルート配分)	$\alpha=0.2, 0.3, 0.5, 0.7, 1.0$ (100%時)	拡張機能
		RS (204, 188) 接続 インターリバー接続 (周期12量み込み)



(a) 送信



(b) 受信

第3図 開発装置系統図

とは、広く知られている⁽³⁾。本装置の特徴として、TC 8にデータインターリーブを付属したRS誤り訂正を接続することにより、高い符号化利得を得て回線条件の厳しい21GHz帯周波数の伝搬路に対しても良好な放送サービスが可能となる。また、本装置には衛星のTWTを模擬する非線形特性模擬装置が付属されており、IF周波数帯で線形補償実験に応用できる。

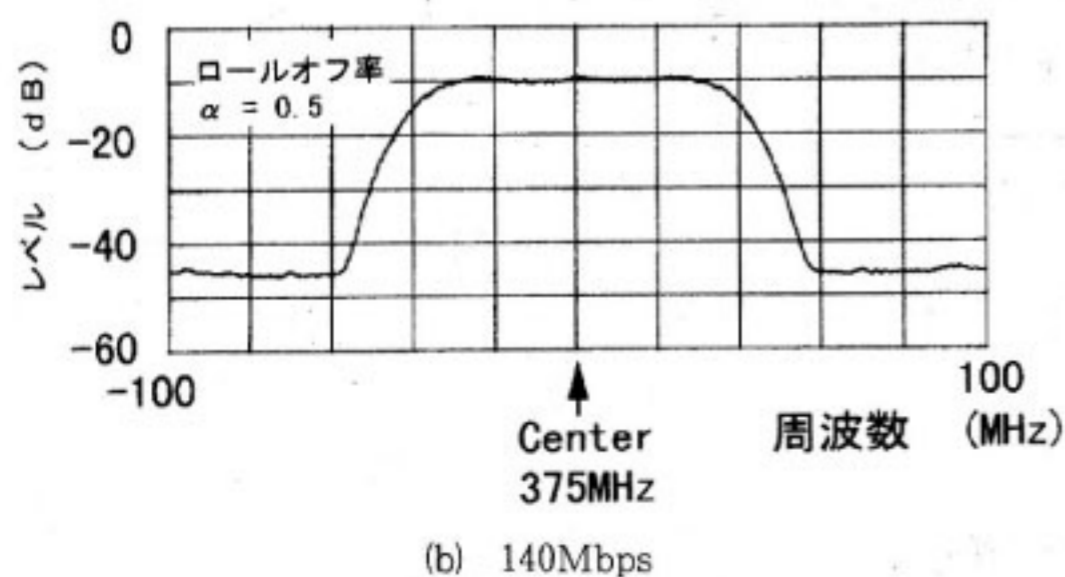
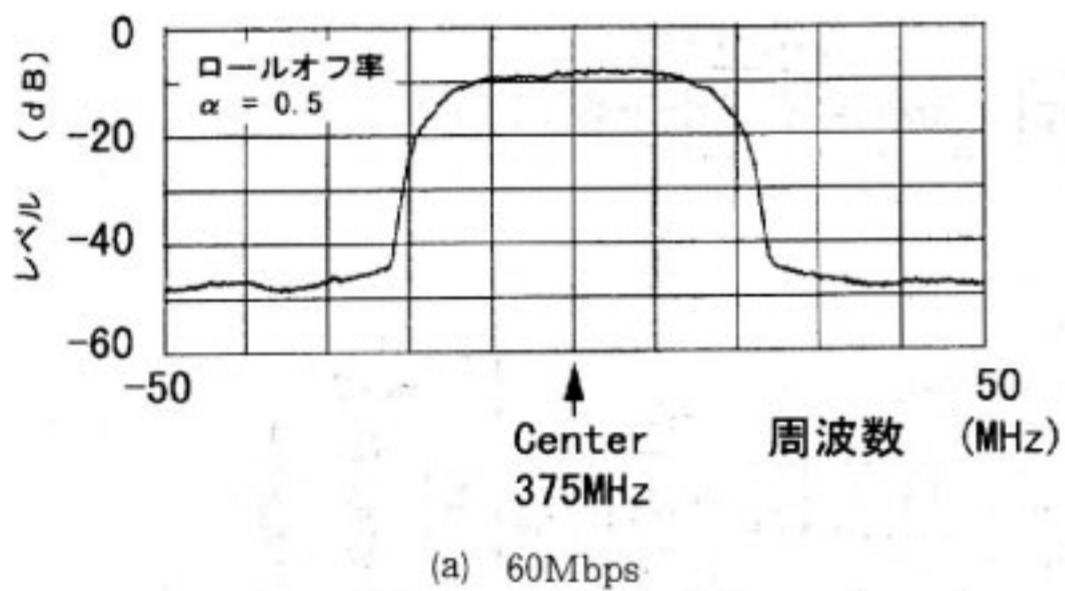
2.3 変調スペクトル

第4図(a)(b)に開発したTC8PSK変復調装置のIF周波数(375MHz)における変調スペクトルを示す。帯域制限はロールオフ率0.5の送受ルート配分ロールオフフィルタで行われている。ここで、送受ルート配分とは、送信及び受信フィルタのインパルス応答が、全体のインパルス応答の平方根になっていることを意味し、送信フィルタと受信フィルタを合わせた構成で原理的にサンプリング点での符号間干渉がゼロとなる。

2.4 誤り率特性

第5図(a)(b)に開発したTC8PSK変復調装置のIF周波数(375MHz)折り返しにおける誤り率特性の実測値を差動QPSKの理論特性とともに示す。差動QPSKは、現行のデジタル衛星放送で使用されている方式であり、21GHz帯の高度衛星放送においては、電波の降雨減衰のため、差動QPSKより耐雑音性、周波数効率に優れた伝送方式が必要となる。そのため、誤り率特性において差動QPSKを比較の対象とした。

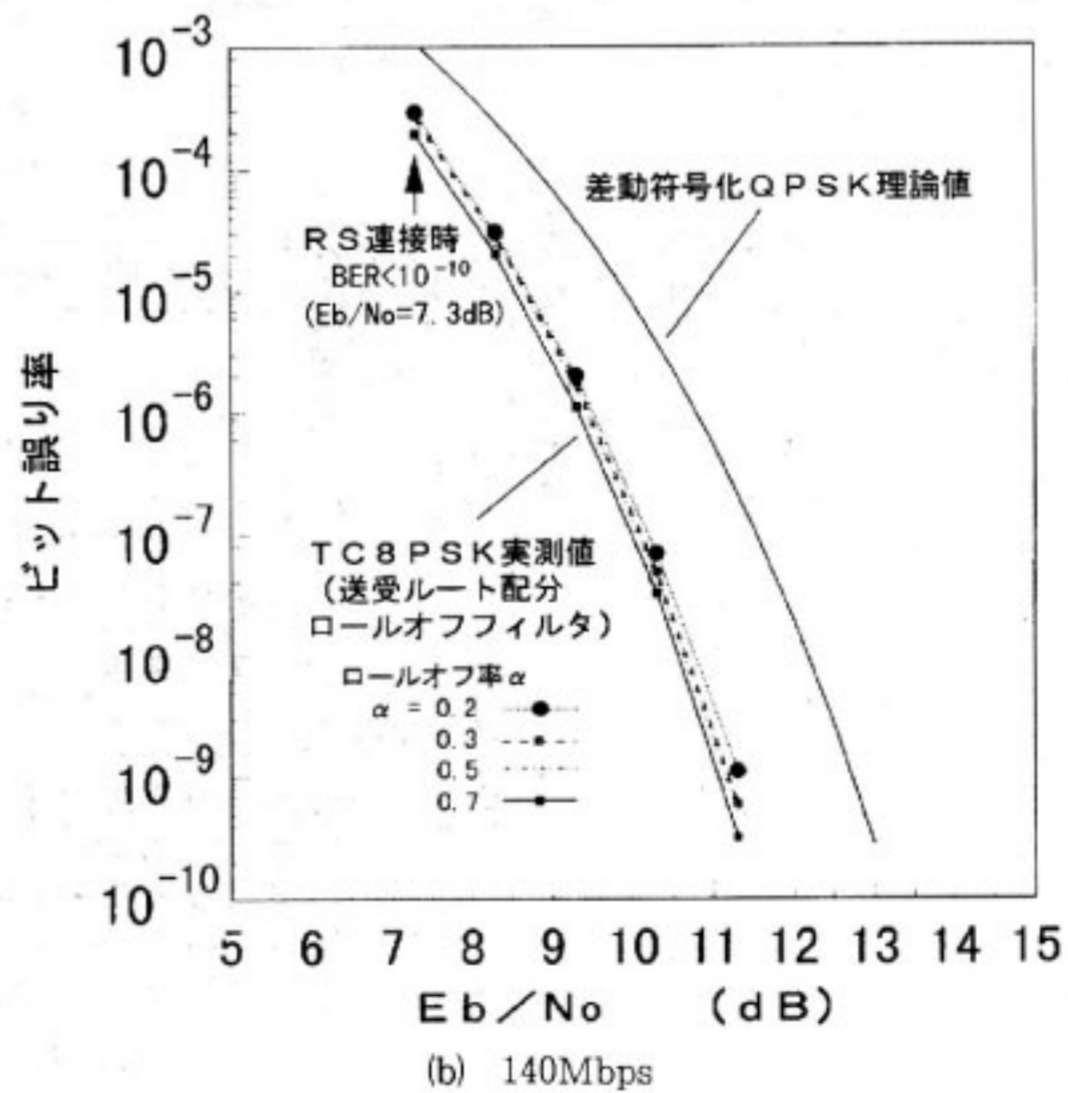
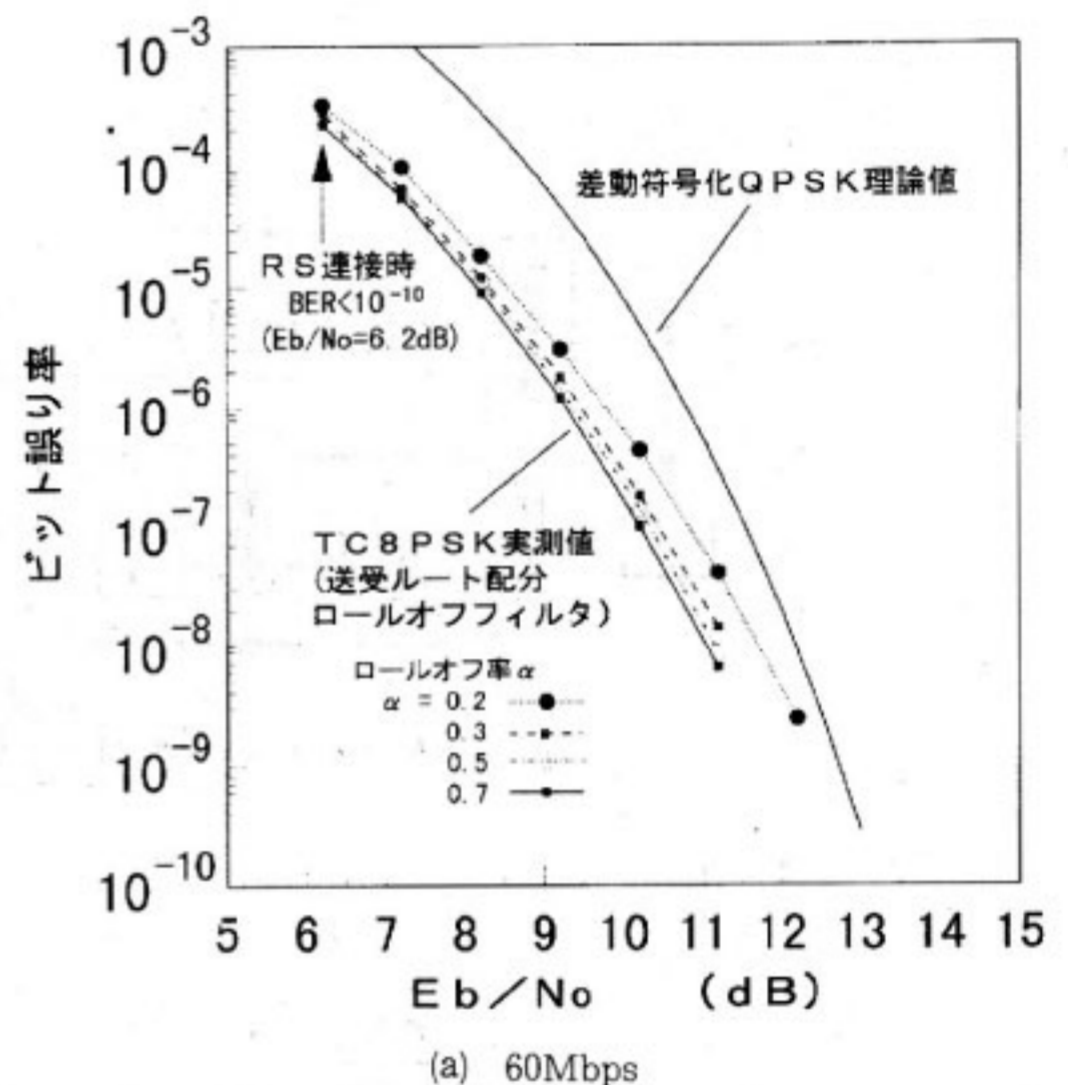
第5図において伝送レートが60Mbps及び140Mbps



第4図 TC8PSK変復調装置スペクトル

のどちらの場合においても差動QPSKの理論特性より1dBから2dBのEb/Noの改善がみられる。現実の差動QPSK変復調装置は、装置劣化を含むために、装置の実測値の比較では、さらなる改善量が期待できる。

また、RS(204, 188)接続時、あるいは6.2.3で記述するHDTV(High Definition Television)符号復号化装置内のRS(192, 188)(64, 60)積符号接続時には、その誤り訂正能力から接続前の誤り率が 3×10^{-4} 程度のEb/Noにおいて、エラーフリーとみなせる 10^{-10} 以下となる。その時のEb/Noは、60Mbpsにおいて6.2dB、140Mbpsで7.3dBである。



第5図 TC8PSK変復調装置誤り率特性

3. TC8PSK 符号化変復調装置 (155Mbps)

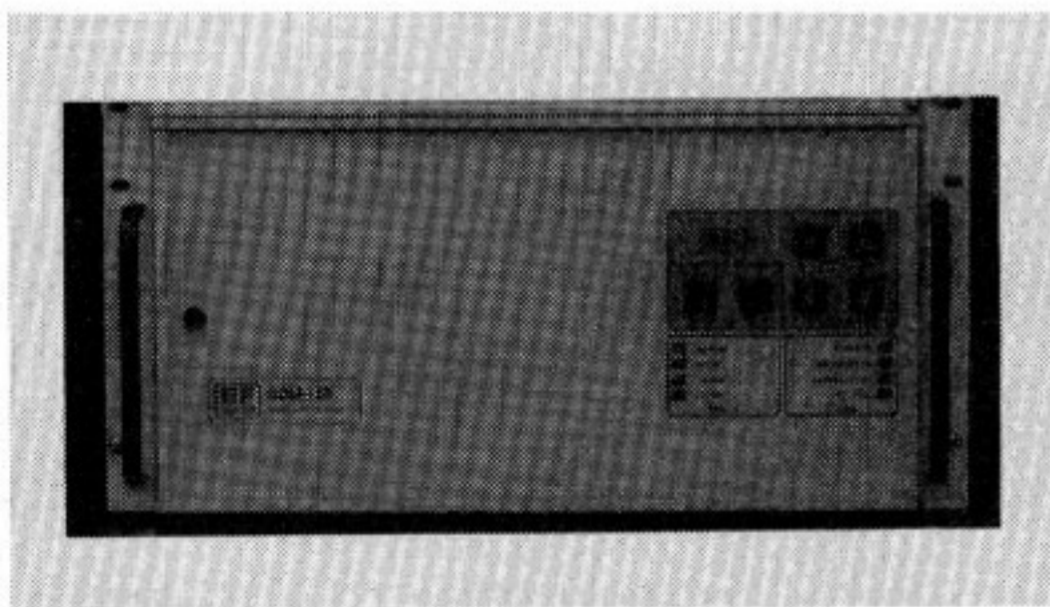
3.1 TC8PSK 符号化変復調装置 (155Mbps) の機能
 第6図に TC8PSK 符号化変復調装置 (155Mbps) の外観図を示す。本装置は、6次元の符号化変調 8相 PSK 方式を使用しており、畳み込み符号化による符号化率は $8/9$ 、状態数は 16 である。情報速度は、正確には 155.52Mbps である。接続誤り訂正として RS (255, 239) の接続オン・オフ機能がある。TC 8 符号化と RS 接続の間のインターリーブの深さは 12 である。その他、データスクランブルのオン・オフ機能、差動符号化のオン・オフ機能がある。

3.2 変調スペクトル

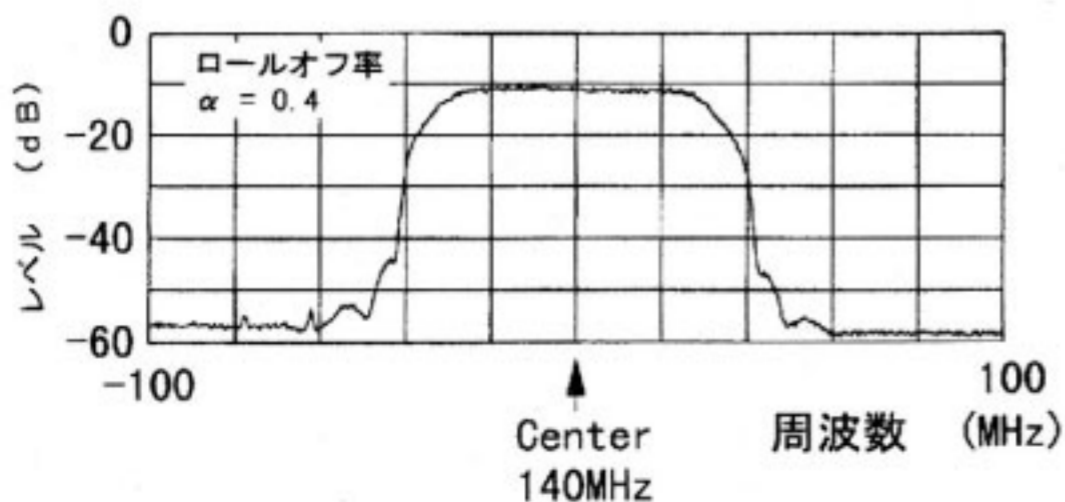
第7図に TC8PSK 符号化変復調装置 (155Mbps) の送信変調スペクトルを示す。本装置の符号化率は $8/9$ であるため符号化利得は比較的小さいが、8相 PSK による狭帯域化により、155.52Mbps の大容量情報が占有帯域幅 80MHz 以下で伝送可能となっている。

3.3 誤り率特性

第8図に TC8PSK 符号化変復調装置 (155Mbps) の IF 周波数 (140MHz から 375MHz に変換後、雑音を付加) 折り返しでのビット誤り率特性の実測値を示す。実測特性は、差動符号化 QPSK の理論特性より 10^4 で 1 dB 程度劣化している。差動符号化 QPSK の実測における劣化を考慮すると、ほぼ同等の特性と考えられる。



第6図 TC8PSK 変復調装置 (155Mbps) 外観図



第7図 TC8PSK 変復調装置 (155Mbps) スペクトル

本装置の特徴は、上記の変調スペクトルに見られるように信号伝送帯域幅の狭帯域化である。本装置では、差動符号化 QPSK と同等の誤り率特性で、帯域幅を $3/4$ に圧縮できる。

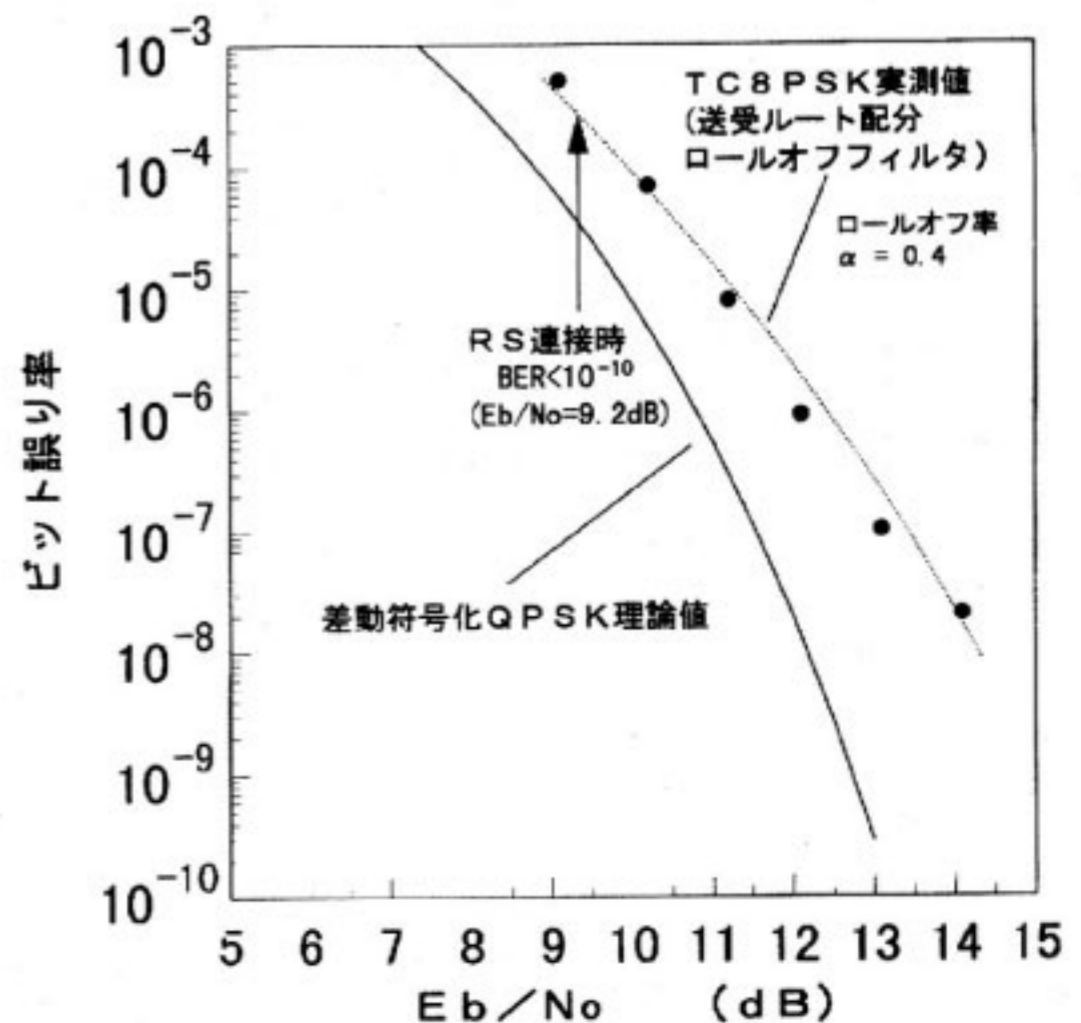
4. おわりに

高度衛星放送実験に使用する基本変復調方式である TC8PSK 変復調装置について述べた。これらの変復調装置を用いてビットレートの異なった TC8PSK 符号化変調方式による高精細映像の伝送実験を行うことができる。また、降雨減衰環境における回線状況での符号化変調方式の耐雑音特性の評価を行うことができる。

高度衛星放送実験では、他にも通常の QPSK や階層化変調方式等の種々の変復調装置を用いた実験を行う予定である。

参考文献

- (1) 笠原正雄, “符号化変調方式 (Ⅲ完)”, 信学誌, vol.72, no.3, pp.303-316, 1989-03.
- (2) G.Ungerboeck, “Trellis-coded modulation with redundant signal sets-Part I: Introduction,” IEEE Communications Magazine, vol. 25, no.2, Feb.1987.
- (3) 小島他 “符号化利得可変接続符号化方式の検討”, 信学誌, vol.J75-A, no.8, pp.1240-1249, 1992-08.



第8図 TC8PSK 変復調装置 (155Mbps) 誤り率特性

略 語

世界無線通信主官庁会議 (WORK-92)

TC8PSK (Trellis Coded 8PSK)
RS (Reed Solomon)
HDTV (High Definition TeleVision)



大川 貢
Mitsugu OHKAWA
総合通信部 放送技術研究室
衛星放送
E-Mail: okawa@crl. go. jp



井口 政昭
Masaaki IGUCHI
総合通信部 放送技術研究室
衛星通信, 衛星放送, ケーブルテレビ
E-Mail: igu@crl. go. jp



都竹 愛一郎
Aiichiro TSUZUKU
総合通信部 放送技術研究室
デジタル放送
E-Mail: tsuzuku@crl. go. jp



李 還帮
Huan Bang LI
関東支所 宇宙通信技術研究室
デジタル通信, 符号化変調方式
衛星通信
E-Mail: lee@crl. go. jp

